

整车强化腐蚀试验问题多维度评价方法

邱勋, 曹刚, 何忠树, 吴德俊

(重庆长安汽车股份有限公司, 重庆 401120)

摘要: **目的** 通过对整车强化腐蚀试验及其结果进行梳理, 归纳出一种适合用于评价整车防腐性能的评价方法。**方法** 对整车强化腐蚀试验中出现的问题点及其产生的原因进行分析, 挑选出对问题点贡献度较大的因素作为评价维度, 并通过加权计算得出扣分总和, 以此归纳出一种整车强化腐蚀试验问题的评价方法。**结果** 整车强化腐蚀试验中, 腐蚀问题的表观腐蚀程度 (L)、腐蚀问题的出现时间 (T)、问题部位/属性分类 (P) 以及质量系数 (N) 是对腐蚀问题贡献度较大的 4 个因素, 用该 4 个因素对应评级的评分值乘以对应权重系数并求和, 即可得出整车腐蚀问题评价扣分值 (LTPN 法)。**结论** 运用该评价方法可对整车强化腐蚀试验后各整车之间防腐性能进行横向比较, 可对单个整车各部位之间进行横向评价, 可对底盘等部位进行划分区域评价, 可对整车强化腐蚀试验问题点进行风险排序。

关键词: 整车腐蚀; 试验问题; 评价方法

中图分类号: TG171 文献标识码: A 文章编号: 1001-3660(2017)04-0126-06

DOI: 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2017.04.021

Multi-dimension Evaluation Method of Full Vehicle Accelerated Corrosion Test Issues

QIU Xun, CAO Gang, HE Zhong-shu, WU De-jun

(Chongqing Chang'an Automobile Co., Ltd, Chongqing 401120, China)

ABSTRACT: The work aims to generalize an evaluating method applicable to corrosion resistance of full vehicle by summarizing full vehicle accelerated corrosion test and its results. Four evaluating dimensions were established based on top 4 factors contributing to full vehicle corrosion resistance. Top 4 factors mentioned above were figured out as follow: appearance corrosion level (L), occurrence time of corrosion (T), failure position/property classification (P) and quality coefficient (N). Deducted points of corrosion issues could be acquired by summation with scoring value of each factor multiplied by corresponding weighting coefficient (LTPN method). This evaluation method can be used for horizontal comparison of corrosion resistance among vehicles after full vehicle accelerated corrosion test, horizontal comparison among all components of a single full vehicle, zoning evaluation of such components as chassis and risk prioritizing of problem spots in the test.

KEY WORDS: full vehicle corrosion; test problems; evaluation method

收稿日期: 2016-10-28; 修订日期: 2017-02-21

Received: 2016-10-28; Revised: 2017-02-21

作者简介: 邱勋 (1988—), 男, 工学硕士, 主要研究方向为整车防腐验证。

Biography: QIU Xun(1988—), Male, Master of engineering, Research focus: anti-corrosion validation of complete vehicle.

随着汽车行业快速发展，人们对汽车安全性、可靠性、舒适性的需求进一步提高。各汽车厂商也增加了对汽车安全性、可靠性、舒适性的考核。车辆的防腐性能影响车辆各系统、零部件的安全性、可靠性、舒适性，整车防腐性能的提高，有利于提高车辆品质，提升汽车厂的品牌形象。我国汽车工业水平与世界先进水平相差较大，国外从 20 世纪 60 年代就开始进行整车道路强化腐蚀试验，而我国在 20 世纪 90 年代才逐渐开始汽车防腐体系的建设^[1]。整车强化腐蚀试验是快速验证整车防腐性能的主要手段，通过该试验可以暴露出车辆防腐薄弱点，方便工程师针对问题点整改相关腐蚀问题^[2]，从而提高整车的防腐性能^[3-6]。

目前，针对整车强化腐蚀试验问题，各企业均有自己的评价方法和手段，行业中暂无对整车强化腐蚀试验问题整体评价的统一方法。整车强化腐蚀试验^[7]后，可对发生锈蚀的车辆零部件进行评级^[8-9]。对于整车强化腐蚀试验问题，其评价方法可类比汽车其他性能的评价手段^[10-15]或其他行业通用的评价方法^[16]。本文通过对各腐蚀零部件出现腐蚀的原因进行分析整合，对整车强化腐蚀试验结果得到统一的输出口，可对整车强化腐蚀试验的整体表现进行评价。

1 整车强化腐蚀试验方法及结果输出

1.1 试验方法

整车强化腐蚀试验通常根据各试验场的道路状况拟制不同的试验规范，但其目的均为模拟用户使用 N 年后的整车腐蚀状况。国外汽车厂商基本在国外的试验场进行整车强化腐蚀试验，例如 Lommel 试验场、Gaydon 试验场等，国内有海南试验场、上

汽通用广德试验场、盐城试验场等可以进行整车强化腐蚀试验。各汽车厂商的整车强化腐蚀试验方法略有差异，但整车强化腐蚀试验通常包含 3 个部分（如图 1）：强化腐蚀道路部分试验、盐雾部分试验以及温湿度环境模拟部分试验。通常以循环或周为腐蚀试验计数单位，整车强化腐蚀试验根据各汽车厂商的要求，做 60~120 循环不等，代表整车正常使用 6~12 年不等。

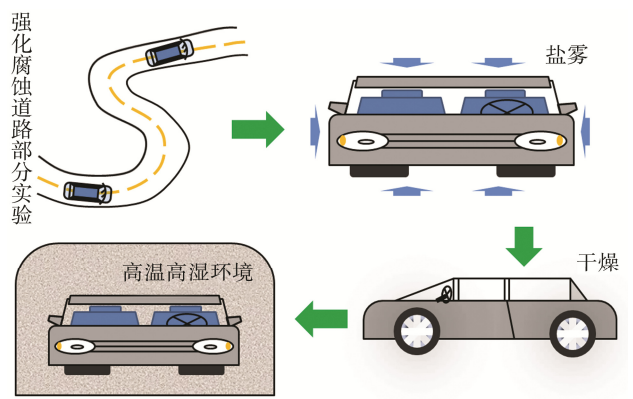


图 1 整车强化腐蚀试验循环示意
Fig.1 Brief description of corrosion test cycle

1.2 试验结果输出

针对整车强化腐蚀试验结果，各汽车厂商均有自用的评价体系，暂无统一的评价方法。业内主要的评价方法一般有腐蚀件定义法及腐蚀等级评定法等，这些方法一般都分阶段对零部件进行评估/签收。所谓腐蚀件定义法，即先将整车各零部件对应的每种腐蚀状况分别用照片或图片定义出来，然后把试验结果与先定义的图片进行对比，再判定试验问题件对应的腐蚀等级（如图 2）。该方法可针对各零部



图 2 针对各零部件定义不同的腐蚀判断
Fig.2 Corrosion levels of components

件不同的腐蚀情况进行定义，对试验结果的描述较准确，但该方法需要对整车各个不同部位的零部件分别进行腐蚀判据的定义，才能得到较精准的试验结果输出。所谓腐蚀等级评定法，即先用标准样板将其腐蚀程度定义出来（如表 1^[7]），再用试验车辆上出现腐蚀的零部件与之相对比进行评级，判断该零部件是否为腐蚀故障件。该方法可对试验车辆出现腐蚀的零部件进行快速判断并评级，且对所有零部件的腐蚀判据较统一，但该方法输出的试验结果需要在细节上进行完善和修正。该方法主要有海南试验场及一些国内汽车厂商在使用（腐蚀试验结果检查评估表见表 2）。

表 1 对腐蚀样片定义腐蚀等级^[7]
Tab.1 Corrosion levels of standard metal sheet^[7]



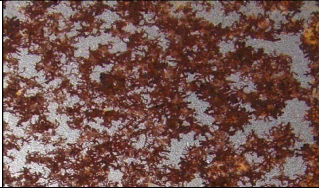
等级	腐蚀程度	腐蚀情况描述	腐蚀等级样片
3	轻度腐蚀	中等尺寸锈点，锈蚀面积占总面积 (25±15)%	
4	中度腐蚀	很多中等尺寸锈点，锈蚀面积占总面积 (50±10)%	
5	大面积腐蚀	大尺寸的锈点，锈蚀面积占总面积 (75±15)%	

表 2 腐蚀检查评估
Tab.2 Evaluation list of corrosion defects

序 号	零件名称	位置	腐蚀等级							备注
			预处理后	2周	4周	6周	8周	10周	12周	
示 例	刹车卡钳	左前	0	0	0	3	3	5	7	少量锈蚀产物堆积
		左后	0	0	0	4	4	6	8	漆层脱落，大量锈蚀产物堆积
		右前	0	0	0	3	3	5	7	少量锈蚀产物堆积
		右后	0	0	0	4	4	6	8	漆层脱落，大量锈蚀产物堆积
1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

2 整车强化腐蚀试验问题的评价方法（LTPN 法）

对于整车强化腐蚀试验暴露出的问题，以 1.2 中的腐蚀等级评定法为基础，对整车出现锈蚀部位的锈蚀程度与腐蚀样片（或零件表面腐蚀等级照片）进行对比，对各个部位分别进行评级，对评级结果综合多维度进行打分，多问题加权累和后，可得出对整车腐蚀水平的判定。

以图 3 中车门流水孔、油箱紧固螺栓及其支架两个腐蚀问题点为例。首先，零部件腐蚀后的外观是评价时最直观的判断，腐蚀后外观是否可以被接受，也是用户是否会抱怨或投诉的重要原因。第二，腐蚀情况的出现时间是重要的关注点，例如车门流水孔位置，用户使用 1 年出现图中程度的锈蚀和用户使 用 6 年后出现图中程度的锈蚀，用户的抱怨程度是不一样的。第三，对于图 3 中的两个零部件，其所处部位/问题属性有所区别，车门流水孔位置的锈蚀仅影响美观，而油箱紧固螺栓及其支架若锈蚀程度加重，存在该螺栓失效、油箱脱落的风险。第四，针对开发前阶段的新品车型，零部件质量容易波动，同样位置相同选材/表面处理的零部件，试验中表现出不一致的结果，极有可能是该零部件生产时质量不稳定，因此该因素也可作为重要的评价指标之一。



a 车门流水孔



b 油箱紧固螺栓及其支架

图 3 整车强化腐蚀试验后的两个典型问题
Fig.3 Two typical corrosion defects after corrosion test (Drain hole & Fastening bolt of fuel tank)

2.1 评价维度

对于整车强化腐蚀试验问题,根据上述几个关键维度进行评价(其他如试验后某些功能的衰减等亦可根据需要增加评价):

1) 表观腐蚀程度 (L)。腐蚀程度的评估是对整车强化腐蚀试验问题评价的第一维度,其评价可以对比腐蚀样片等级(如对出现腐蚀的零部件进行不同程度 n 级的评价),或参考预先定义的各部位/部件腐蚀等级。

2) 腐蚀问题的出现时间 (T)。整车强化腐蚀试验中,问题出现的早晚反映了用户用车过程中问题出现的早晚,故把腐蚀问题出现的时间作为另一维度。

3) 问题部位/属性分类 (P)。出现腐蚀问题的零部件处于整车中的部位(高/中/低可见度)以及该问题的属性(如该问题件是否为安全件以及该问题是否造成某功能失效等),是对腐蚀问题进行分类的另一因素。

4) 质量系数 (N)。处于开发前阶段的试验车,存在零部件质量稳定性出现波动的情况,腐蚀问题出现后,查明问题出现的原因,判断该问题的出现是否与质量一致性相关,这有利于对整车腐蚀试验后整车水平的评估,因此,质量系数的设定是必要的。

2.2 问题累计得分算法

对于整车强化腐蚀试验问题,先将 2.1 中 4 个评价维度分别应用于每个出现腐蚀的零部件(或部位),并对这些问题点分别评价(评分),然后用累积法将每个零部件的 4 个维度的评分值累积,即可得出单个零部件评分。问题评分表模板见表 3。将所有问题点评分累和,即可得到整车腐蚀评价。评价积分公式如下:

$$S_n=L_nT_nP_nN_n$$
(1)

$$S_v=\sum_1^n S_n$$
(2)

式中: S_v 为整车腐蚀问题评价得分; S_n 为各问题点评价得分; L 为腐蚀程度得分; T 为时间维度得分; P 为属性维度得分; N 为质量系数得分; n 为问题点编号。

表 3 问题评分表模板
Tab.3 Corrosion defects mark template

$S_n=L_nT_nP_nN_n$							
L_n	描述	1级	2级	3级	4级	5级	.....
	评分	1	1.2	1.5	2	3	.....
T_n	描述	1年	2年	3年	4年	5年	6年
	评分	3	2.5	2	1.8	1.5	1.1
P_n	描述	高可见	中可见	举升可见	维修可见	功能失效	安全件
	评分	5	3.5	2.5	1.5	4	10
N_n	描述	零部件腐蚀程度一致性好			零部件腐蚀程度一致性差		.....
	评分	1			0.5		.....

表 3 中, $L_nT_nP_nN_n$ 评分栏中的分值仅为示例值,应用此表前,须根据市场调研或试验结果拟合出各评价维度对整车耐腐蚀性能的贡献度,分别调整评分栏里的分值,再将该分值用于评价腐蚀问题。

运用 LTPN 法进行评价时,减少主观因素的影响是科学评价试验结果的关键。对于各因子的评价评分,需对各因子均列出对照评分清单表,且用多车型多轮试验结果进行论证。

3 整车腐蚀问题评价

3.1 整车评价

不同车型整车强化腐蚀试验后,用 LTPN 法对整车进行评价,可以得到整车腐蚀问题累计得分差异表,从而判断不同车型间的横向差异。同一车型开发周期中的多轮试验,得到腐蚀问题的积分可用于判断车辆腐蚀问题整改达成的水平。图 4a 为某 10 款车型同强度试验后的整车腐蚀问题累计得分,可看出不同车型间腐蚀问题累计得分差异明显,且可通过该图将各车型的耐腐蚀水平分成两个水平($T1-T6$ 归为同一水平, $T7-T10$ 归为同一水平),后续车型的研发可依据该图制定新车型的防腐目标。图 4b 为某车型 3 轮试验及 2 轮整改后的腐蚀问题累计得分,从图中可看到,3 轮整车强化腐蚀试验及 2 轮对应整改后,

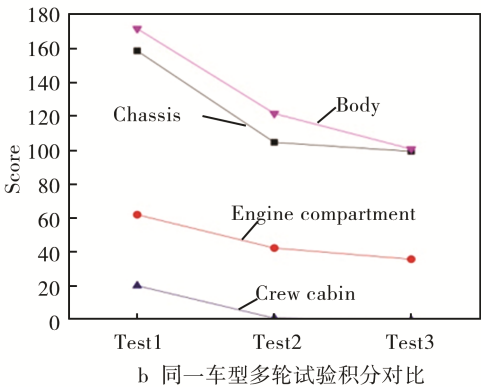
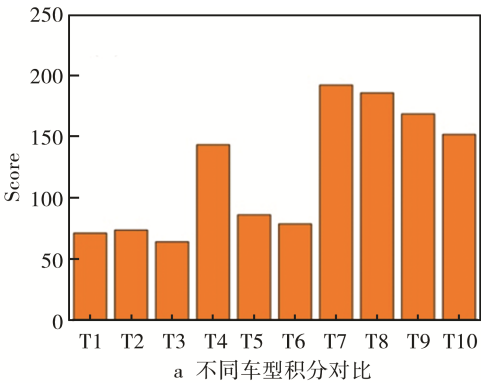


图 4 整车腐蚀试验问题积分
Fig.4 Anti-corrosion performance score of the total vehicle: a) comparison of different total vehicle; b) comparison of one vehicle for times of corrosion test

其腐蚀问题累计得分明显下降。

3.2 局部问题评价

腐蚀试验问题出现后,通常需要将问题分解到整车的各部位,运用 LTPN 法,可对车辆局部进行评分,得到局部评价。图 5 为 10 款车型试验后车身/底盘的腐蚀问题累计得分,可以看出, T1—T6 与 T7—T10 车型车身/底盘腐蚀问题累计得分分别处于同一水平,且 T1—T6 车型与 T7—T10 车型车身/底盘腐蚀累计得分差异较大。通过对比不同区域腐蚀问题累计得分,可对各车型局部区域进行专项评价,应用于新车型开发前阶段的杂合车局部防腐目标制定或改款车专项部位防腐目标制定。

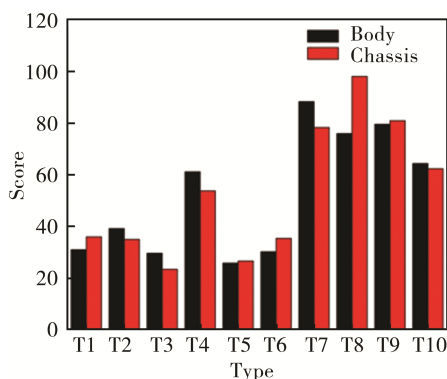


图 5 不同车型局部区域腐蚀问题积分

Fig.5 LTPN scores for different area of the total vehicles

新车型开发前阶段,运用局部腐蚀问题累计得分表,将腐蚀问题累计得分区域进行划分,在开发车型时,对各局部区域具有指导性作用。图 6 为某品牌 B 平台 3 辆商品车底盘(包括下车体)区域腐蚀问题累计得分。以红线为界,将底盘区域分为前半区和后半区,将其累计得分作图。可明显看出,该 B 平台 3

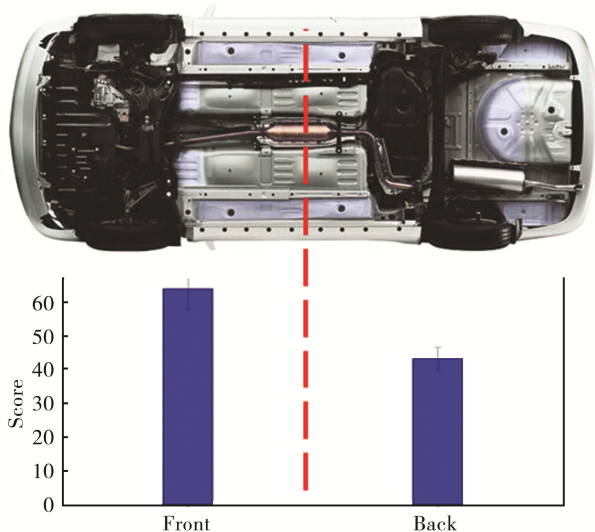


图 6 底盘腐蚀问题分区累计得分

Fig.6 Different areas of chassis corrosion defects scores

辆车前半区腐蚀问题累计得分较高,若后续开发该品牌 B 平台车型,需重点关注底盘前半区的耐腐蚀性能,且该图为在底盘区域某些部位是否增加护板提供腐蚀领域的数据支撑。

3.3 腐蚀问题排序

市场调研和试验结果拟合出合理的问题评分表后,可对整车腐蚀试验中的单个腐蚀问题点根据多维度乘积打分,根据分值对单个腐蚀问题点进行排序,可以得出问题风险高低排序。表 4 是某车型整车强化腐蚀试验后 top7 问题排序,图 7 为表 4 中的前 2 个问题的示意图。通过对问题点的腐蚀程度、问题出现时间的早晚、问题属性及质量波动系数,得到各单个问题点综合表现评价,既可客观评价腐蚀问题,又可为新车型开发阶段问题整改及问题管控提供参考依据。

表 4 某车型整车腐蚀试验 top7 问题风险排序
Tab.4 Top 7 corrosion defects ranked of one vehicle via TVACT

序号	所处部位	问题点	L	T	P	N	S	备注
1	底盘	油箱系带	1.5	3	10	1	45	图7a
2	车身	车门下饰条安装螺钉	1.5	2.5	5	1	18.75	图7b
3	车身	车轮紧固螺栓	1.5	2	5	1	15	
4	车身	车门尖角	1	2.5	5	1	12.5	
5	机舱	进气压力传感器螺栓	1.2	2.5	4	1	12	
6	车身	油箱口盖板	1.2	1.8	5	1	10.8	
7	车身	车门折边	1.2	1.8	5	1	10.8	



a 油箱系带



b 车门下饰条紧固螺栓

图 7 某车型腐蚀试验 top 问题示意图

Fig.7 Brief description of typical corrosion defects: a) fixed structure of fuel tank; b) bolts of door trim strip

4 结论

对于整车强化腐蚀试验问题, 可从问题点的腐蚀程度 (L)、腐蚀问题出现时间的早晚 (T)、腐蚀问题点的属性 (P) 及问题零部件质量波动系数 (N) 等 4 个维度综合积分评价。通过该综合评价法: 可将各整车强化腐蚀试验后进行横向对比; 各车型局部区域的横向对比, 可用于新车型/改款车型开发时安排专项验证; 可对各整车中出现的问题进行风险度排序, 对整车研发过程中的整车腐蚀问题管控提供参考。

参考文献:

- [1] 李彤. 国产汽车防腐现状及对策[J]. 汽车技术, 2002(4): 28—31.
LI Tong. Present Status of Domestic Automotive and Strategy [J]. Automobile Technology, 2002 (4): 28—31.
- [2] 宛萍芳. 乘用车强化腐蚀试验中划线腐蚀问题的分析[J]. 汽车工艺与材料, 2010(10): 44—46.
WAN Ping-fang. Scribing Analysis of Total Vehicle Accelerate Corrosion Test[J]. Automobile Technology & Material, 2010(10): 44—46.
- [3] 田富国. 商用车的内腔防腐蚀技术[J]. 汽车工艺与材料, 2008(10): 18—24.
TIAN Fu-guo. Anti-corrosion Technology of Commercial Vehicle Cavity[J]. Automobile Technology & Material, 2008(10): 18—24.
- [4] 张春和. 沿海地区汽车腐蚀的原因与防护方法探析[J]. 腐蚀与防护, 2003(12): 542—544.
ZHANG Chun-he. An Analysis of the Cause of Corrosion of Vehicles and Its Protection Method in Wet Region along the Coast[J]. Corrosion & Protection, 2003(12): 542—544.
- [5] 黄建中. 汽车腐蚀及其表面涂镀防护技术的现状与发展[J]. 汽车工艺与材料, 2006(8): 1—7.
HUANG Jian-zhong. Current Status and Development of Corrosion and Coating Protection Technology in Automobile[J]. Automobile Technology & Material, 2006(8): 1—7.
- [6] 徐安桃, 孙波, 杨纯艳, 等. 不同破损程度下军用车辆镀锌钢板腐蚀行为研究[J]. 装备环境工程, 2015(3): 111—114.
XU An-tao, SUN Bo, YANG Chun-yan, et al. Study on Corrosion Behavior of Galvanized Plate of Military Vehicle with Different Damage Degrees[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015(3): 111—114.
- [7] GB/T 732—2005, 乘用车强化腐蚀试验方法[S].
GB/T 732—2005, Accelerated Corrosion Testing Method for Passenger Car [S].
- [8] 张利. 浅谈我国汽车防腐涂装的现状与发展[J]. 陕西汽车, 2002(1): 31—33.
ZHANG Li. Current Status and Development of Anti-corrosion Painting on Total Vehicle[J]. Shaanxi Auto, 2002(1): 31—33.
- [9] 杨忠敏. 现代汽车涂装防腐技术的应用与发展[J]. 化工科技市场, 2006(3): 20—25.
YANG Zhong-min. The Modern Automobile Applies the Application and Development Containing Antiseptic Technology[J]. Chemical Technology Market, 2006(3): 20—25.
- [10] 王海涛. 汽车道路强化腐蚀试验及评价方法[J]. 腐蚀与防护, 2007(6): 300—306.
WANG Hai-tao. Road Test and Assessment Method of Automobile Accelerated Corrosion[J]. Corrosion & Protection, 2007(6): 300—306.
- [11] 刘石鸣. 汽车 ABS 性能的台架试验评价方法研究[J]. 专用汽车, 2006(8): 10—16.
LIU Shi-ming. Research of the Bed-testing Evaluation Method of ABS Performance[J]. Special Purpose Vehicle, 2006(8): 10—16.
- [12] 戴勇. 概念车的主观试验评价[J]. 上海汽车, 2000(6): 28—30.
DAI Yong. Subjective Test Evaluation of Concept Car[J]. Shanghai Auto, 2000(6): 28—30.
- [13] 雷雨龙. AMT 换挡质量试验评价体系[J]. 吉林大学学报(工学版), 2009(2): 305—309.
LEI Yu-long. AMT Shift Quality Assessment System[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2009(2): 305—309.
- [14] 程德斌. 可靠性试验评价技术发展及其应用[J]. 环境技术, 2010(10): 21—26.
CHENG De-bin. The Development and Application of Assessment Technology of Reliability Test[J]. Environmental Technology, 2010(10): 21—26.
- [15] 李恒宾. 高原地区 CNG/汽油双燃料汽车发动机性能试验评价[J]. 青海交通科技, 2006(6): 55—57.
LI Heng-bin. CNG/Gas Engine Performance and Assessment in Highland[J]. Qinghai Jiaotong Technology, 2006(6): 55—57.
- [16] 李小刚. 加重酸腐蚀性能试验评价[J]. 国外油田工程, 2006(1): 19—21.
LI Xiao-gang. Heavier Acid Corrosion Performance and Assessment[J]. Foreign Oilfield Engineering, 2006(1): 19—21.